

Список использованных источников

1. Kim S.H. Assessment of the finite-volume method and the discrete ordinates method for radiative heat transfer in a three-dimensional rectangular enclosure / S.H. Kim, K.Y. Huh. Numerical Heat Transfer. Part B. – 1999. – vol.35. – p.85–112.
2. Baek S.W., Kim M.Y. Nonorthogonal Finite-Volume Solutions of Radiative Heat Transfer // Numerical Heat Transfer Vol. 34, No. 4. December. 1998.
3. Mishra S.C et all. Dvelopment and Comparison of the DTM, DOM and FVM formulations // International Journal of Heat and Mass Transfer 49 (2006).
4. Лисиенко В.Г. Совершенствование и повышение эффективности энерготехнологий и производств (интегрированный энерготехнологический анализ: теория и практика). Т.1. – М: Теплотехник, 2008. – 608 с.
5. Лисиенко В.Г., Маликов Г.К., Титаев А.А. Простая аппроксимация степени черноты смеси $\text{CO}_2\text{--H}_2\text{O}$, используемая в зональном методе расчета теплообмена излучением // Теплофизика и аэромеханика. – 2014. – Т. 21. №6. – С. 811–814.
6. Лисиенко В.Г., Маликов Г.К., Титаев А.А. Метод расчета взаимных поверхностей излучения в математических моделях высокотемпературных агрегатов, основанный на дискретизации по направлениям // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2014. – Т. 57. №8. – С. 47–50.
7. Топоров В.А., Губин Ю.Г., Щипанов М.А., Лисиенко В.Г., Засухин А.Л. Патент на полезную модель RU 128301 U1 “Устройство подины кольцевой нагревательной печи” (приоритет от 12.11.2012).

УДК669.188

Д. А. Лубяной, Б. Н. Карашкевич, Р. О. Мамедов, С. Г. Щербин, Д. Д. Лубяной, Е. Н. Гилева, А. С. Ефимова

ООО «ГИДРОМАШ – НК», г. Новокузнецк, Россия

РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВЫПЛАВКИ СТАЛИ В МАЛЫХ ДУГОВЫХ СТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ПЕЧАХ ЛИТЕЙНЫХ ЦЕХОВ

Аннотация

Ресурсо и энергосбережение в настоящее время является наиболее важным направлением развития сталелитейного производства. Снижение расхода ферросплавов, в процессе выплавки стали в настоящее время является актуальной задачей. Один из основных дефектов литья стали как ситовидная пористость не появляется в хорошо раскисленной стали даже при высоком содержании водорода. Основным способом устранения этого дефекта является эффективное раскисление. В виду этого, одна из основных задач окислительного периода, по удалению водорода, становится менее актуальной. В этой связи становится малоцелесообразно в плавках для отливок выжигание большого содержания углерода из расплава, которая сопровождается окислением полезных примесей – кремния, марганца и хрома.

Ключевые слова: окисление стали, малые ДСП, ситовидная пористость, качество, термовременная обработка.

Abstract

The reduction in the consumption of ferroalloys in the steelmaking process is currently an urgent task. One of the main defects in steel casting like the sieve-like porosity does not show up in a well-deoxidized steel even with a high hydrogen content. The main way to eliminate this defect is effective deoxidation. In view of this, one of the main tasks of the oxidative period, to remove

hydrogen, become less urgent. In this regard, it becomes inappropriate in castings for castings to burn out a large amount of carbon from the melt, which is accompanied by the oxidation of useful impurities – silicon, manganese and chromium.

Keywords: oxidation of steel, small arc steel smelting furnaces, sieve-like porosity, quality, term-reversal.

Ресурсо- и энергосбережение в настоящее время является наиболее важным направлением развития сталелитейного производства. Решая задачи этого направления можно значительно снизить себестоимость продукции. При этом наиболее важными являются сокращение времени плавки, как следствие этого расхода электроэнергии. Существующая (классическая) технология производства стали на свежей шихте для отливок ответственного назначения включает в себя, как правило, окислительный период плавки при котором выжигается 0,2–0,5 % С [1]. При этом, окисление металла производится в основном при присадке в ванну окислов железа в виде железной руды или окатышей. Отмечено, что в процессе проведения окислительного периода ванна, как правило, в процессе выгорания углерода удаляются не только вредные газы, но и полезные примеси такие как Mn, Cr и Si. В настоящее время очень актуально снижение расхода ферросплавов при выплавке стали, поэтому необходимо минимизировать расход этих легирующих добавок. В этой связи по возможности необходимо сократить окислительный период в ведении плавки. Анализ данных работы [2] показывает, что максимальное удаление водорода достигается при выжигании 0,1–0,15 % С от исходного. Далее содержание водорода снижается менее интенсивно, и конечное его содержание зависит от влаги атмосферы, влажности применяемых шлакообразующих, ферросплавов и т.п. По мнению автора работы [2], содержание углерода в металле по расплавлению должно быть на 0,1–0,2 % выше, чем в готовой стали. По мнению Тодорова Р.П. и Пешева П.Ц. один из основных дефектов литья стали как ситовидная пористость не появляется в раскисленной стали даже при высоком содержании водорода [3]. Основным способом устранения этого дефекта является эффективное раскисление [3, 4]. Таким образом, раскисление стали алюминием и наличие в ней остаточного алюминия оказывает решающее влияние на важнейшие показатели качества стали: механические свойства и ситовидную пористость [4]. В виду этого одна из основных задач окислительного периода по удалению водорода становится менее актуальной. Пониженного содержания водорода в изделиях для проката иликовки, позволяющего практически полностью исключить газонасыщенность металла, ведущую к флокенам, можно добиться только методами внепечной обработки (продувка аргоном и вакуумирование).

В этой связи становится малоцелесообразно в плавках для отливок выжигание большого содержания углерода из расплава, которое сопровождается окислением полезных примесей: кремния, марганца и хрома. Плавки производились в условиях на печи ДСП 1,5 с кислой футеровкой в условиях ООО «Гидромаш». Особенно интересные результаты получены при переплаве “возврата” низколегированных марок стали (40 ХЛ, 35 ХГСП) и др. Так, например, при плавке без окисления (при содержании углерода 0,34 %) в расплаве имеется 0,46 % марганца. А при плавке с окислением углерода с 0,52 % до 0,35 % присадкой окатышей содержание марганца снижается с 0,34 % до 0,08 %, т.е марганец периода плавления фактически выжигается почти полностью. При этом при использовании во второй плавке в качестве шлакообразующих известняка часть водорода еще и вносится шлакообразующими добавками. В этой связи считается целесообразно использование технологии с минимальным окислением углерода в процессе плавления и незначительного окислительного периода, максимальное использования шлака периода плавления. Часть водорода удаляется при окислении углерода окисленным шлаком периода плавления. При данной технологии обеспечивается минимальный угар полезных примесей, вследствие чего, расход ферросплавов на ряде плавов сокращается почти вдвое, (в некоторых случаях присадка ферромарганца исключается полностью) при этом приемлемое перемешивание металла, которое является одной из основных задач окислительного периода все таки выполняется, вследствие того, что металл в печи в ряде случаев соответствует либо кипящему либо полуспокойному

(содержание кремния в металле до 0,11 %), что обеспечивает его достаточное перемешивание в объеме ванны печи. Кроме того, исключение длительного кипа, времени выдержек на экспресс-анализ значительно сокращает продолжительность всей плавки (до 1 ч и более, что составляет 15–30 % от времени плавки стали). Необходимо отметить что при необходимости снизить незначительное количество углерода (например, с 0,42 до 0,37 %) начало кипения металла необходимо инициировать не присадкой окатышей в ванну, а нагревом металла до температуры начала окисления углерода, при этом наблюдаемое кипение протекает равномерно, без бурунов и выбросов металла, остаточное содержание марганца при этом остается на уровне, 0,20 %. Приемлемого качества отливок, помимо хорошего раскисления металла, также достигают проведением режимов термовременной обработки расплавов, при которой металл перегревают до температур 1680–1710 °С и выдержкой в пределах 10–15 мин перед сливом металла в ковш, что является эффективной термовременной обработкой и повышает качество отливок (проведение заключительной операции плавки: отбор пробы металла на хим. анализ, разделка выпускного отверстия и т.д.). Окончательное раскисление производят алюминием. Достаточную плотность отливок и минимизацию образования раковин (рисунок 1), по причине газонасыщенности, обеспечивают:

- 1) хорошим раскислением металла кремнием и алюминием;
- 2) минимизации присадки в печь непрокаленных шлакообразующих, а также частичной дегазации небольшим кипением, возникающим при взаимодействии расплава металла и шлаков периода плавления;
- 3) минимизацией присадки ферросплавов.

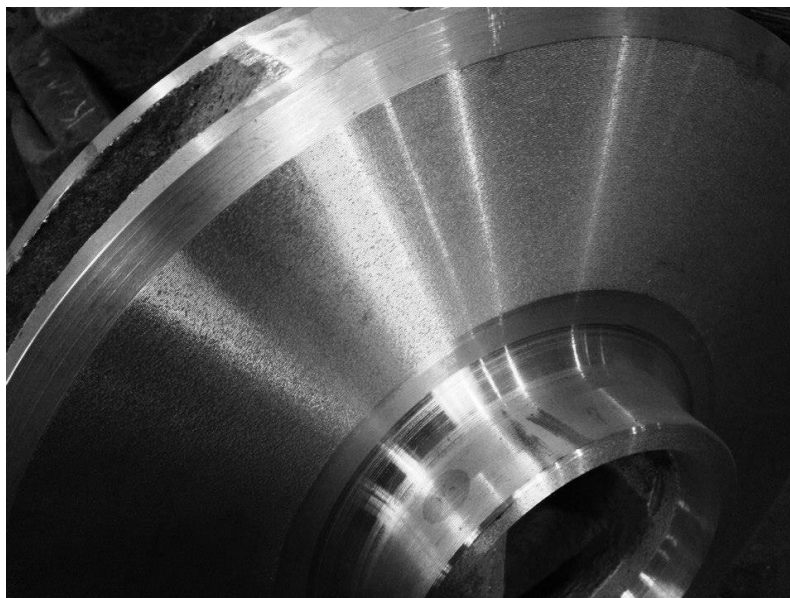


Рис. 1. Ответственная отливка без газовых раковин и ситовидной пористости

Важная роль отводится в данной работе экспрессным методом определения химического состава металла. Экспрессные методы определения содержания легирующих позволяют гибко производить изменения в технологию плавки, оперативно вносить изменения в количество присадок кремний и марганецсодержащих ферросплавов. Технология выплавки металла опробована и внедрена в условиях ООО «Гидромарш».

Выводы:

1. Разработана и внедрена ресурсосберегающая технология выплавки металла в малых дуговых сталеплавильных печах
2. При выплавке стали из металлолома с небольшим количеством ржавчины и других влагосодержащих компонентов можно значительно сократить окисление углерода в процессе плавки, в ряде случаев исключив его полностью.

3. При получении после расплавления заданного марочного содержания углерода можно исключив кип экономить значительное количество марганецсодержащих ферросплавов (около 50 % по сравнению с плавкой с окислением)

4. Исключение окислительного периода из процесса плавки позволяет до 30 % сократить время плавки и соответственно снизить расход электроэнергии на плавку.

Список использованных источников

1. Поволоцкий Д.Я. Выплавка легированной стали в дуговых печах / Д.Я. Поволоцкий, Ю.А. Гудим. – М.: Metallurgy, 1987. – 136 с.
2. Крамаров А.Д. Производство стали в электропечах / А.Д. Крамаров. – М.: ГНТИ ЧИЦМ, 1958. – 439 с.
3. Тодоров Р.П. Дефекты в отливках из черных сплавов / Р.П. Тодоров, П.Ц. Пешев. – М.: Машиностроение, 1984. – 184 с.
4. Сойфер В.М. Дуговые печи в сталелитейном цехе / В.М. Сойфер, Л.Н. Кузнецов. – М.: Metallurgy, 1989. – 176 с.

УДК669.187

Лубяной Д.А.^{1,2}, Переходов В.Г.⁵, Карашкевич Б.Н.¹, Барыльников В.В.², Лубяной Д.Д.², Шевченко С.Ю.³, Лубяная С.В.⁴, Черепанов А.Г.⁵

¹ ООО «Гидромаш», г. Новокузнецк, Россия;

² НФИ ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», г. Новокузнецк, Россия;

³ ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва, Россия;

⁴ ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Томск, Россия;

⁵ ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК», г. Новокузнецк, Россия

РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ В ИНДУКЦИОННЫХ ПЕЧАХ С ДАЛЬНЕЙШЕЙ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКОЙ

Аннотация

В статье приведен обзор технологий выплавки чугуна в индукционных печах с различной частотой при полном и неполном заполнении тигля. Показаны широкие возможности индукционных печей в получении чугуна из различной шихты с узкими пределами по химическому составу и в проведении термовременной обработки расплава. Индукционная плавка, при неполном заполнении тигля, позволяет значительно интенсифицировать процессы раскисления шлака при его взаимодействии с углеродом металла. При этом значительно снижается содержание кислорода, водорода, азота и серы в чугуне. Оценки коэффициента массопереноса показали, что его величина в индукционных печах средней частоты на порядок выше, чем в печах промышленной частоты. Это позволяет рассматривать индукционную печь средней частоты как универсальный плавильный агрегат для производства отливок высокого качества с минимальными затратами. На ОАО «ЗСМК» широко применяется продувка расплава чугуна методом резонансно-пульсирующего рафинирования. Установлено, что длительная продувка чугуна азотом приводит к образованию в расплаве включений нитридов и карбонитридов титана. Они служат подложками для образования графита. Продувка обеспечивает их равномерное распределение в объеме металла.

© Лубяной Д. А., Переходов В. Г., Карашкевич Б. Н., Барыльников В. В., Лубяной Д. Д., Шевченко С. Ю., Лубяная С. В., Черепанов А. Г., 2018